

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-330236

(43)公開日 平成8年(1996)12月13日

(51)Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/205 33/00			H 0 1 L 21/205 33/00	A

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 4 頁)

(21)出願番号 特願平7-131699

(22)出願日 平成7年(1995)5月30日

(71)出願人 000005290  
古河電気工業株式会社  
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号  
(72)発明者 田中 秀一  
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内  
(72)発明者 石井 宏辰  
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内  
(72)発明者 池田 正清  
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内

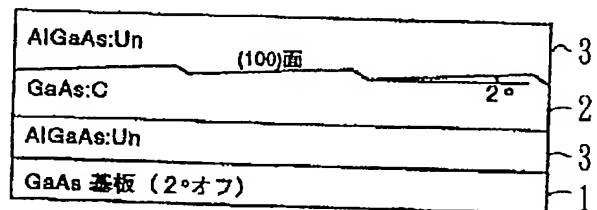
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 有機金属気相成長法

(57)【要約】

【目的】 3-5族化合物半導体基板上に、平坦でかつ鏡面状態の表面を有する炭素ドーブの化合物半導体含むエピタキシャル層を形成する有機金属気相成長法を提供する。

【構成】 3-5族化合物半導体基板上に、炭素ドーブの3-5族化合物半導体エピタキシャル結晶層を少なくとも一層成長させる有機金属気相成長法において、基板表面の面方位を<100>方向から、<110>方向に0.1°よりも大きく、且つ、1.0°よりも小さい角度で傾斜させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 3-5 族化合物半導体基板上に、炭素ドープの 3-5 族化合物半導体エピタキシャル結晶層を少なくとも一層成長させる有機金属気相成長法において、前記基板表面の面方位を<100> 方向から、<110> 方向に  $0.1^{\circ}$  よりも大きく、且つ、 $1.0^{\circ}$  よりも小さい角度で傾斜させることを特徴とする有機金属気相成長法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、FET、HBT、HEMT等の電子デバイスや、LD、LED等の発光デバイスの作製のため、3-5 族化合物半導体の基板上に、3-5 族化合物半導体結晶層をエピタキシャルに成長させる有機金属気相成長法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】有機金属気相成長法により、GaAs、AlGaAs、InGaP、InP、InGaAs等の化合物半導体結晶薄膜を作製する場合、化合物半導体基板の結晶面方位は、<100> 面から、<110> 方向に  $2^{\circ}$  傾斜させたもの（通称  $2^{\circ}$  オフ基板）を一般に用いる。その理由は、<100> 面（通称ジャスト基板）に、有機金属気相成長法により薄膜を成長すると、基板の転位（欠陥）を核に異常成長し、得られるエピタキシャル薄膜に欠陥が多くなるからである。このため、鏡面成長が困難になり、表面が曇ることが多い。一方、 $2^{\circ}$  オフ基板を用いると、基板上に単原子層のステップ（モノレイヤーステップ）が存在し、そのステップ（キンク）を核とした成長（ステップフロー成長）が行われるため、ジャスト基板に比較し基板の転位を核にした異常成長が抑えられ、鏡面成長が可能となる。

【0003】通常の有機金属気相成長法の成長モードでは、3 族原料のTMGaやTMAIを十分に分解させ、成長する結晶中の不純物濃度（炭素濃度）を十分に下げるため、成長温度を  $600^{\circ}\text{C}$  以上に上げ、5 族原料と 3 族原料の供給量比（5 族/3 族）を 10 以上にする。このような成長モードでは、 $2^{\circ}$  オフ基板を用いることにより、ステップフロー成長が良好に行われ、鏡面成長が可能となる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】炭素 C の意図的なドーパント（例えば  $\text{CCl}_4$  や  $\text{CBr}_4$ ）を用いしないで、C ドープの化合物半導体薄膜を成長させる場合、3 族原料中の未分解の炭素を結晶中に取り込む方法が行われる。この場合、成長温度と 5 族原料と 3 族原料の供給量比（5 族/3 族）をともに下げて、通常の有機金属気相成長法の成長モードとは異なる成長モードを用いる。例えば、C ドープの GaAs の成長の場合、成長温度を  $480 \sim 600^{\circ}\text{C}$ 、5 族原料と 3 族原料の供給量比（5 族/3 族）を  $0.5 \sim 2$  にする。

【0005】しかしながら、この通常とは異なる成長モードでは、 $2^{\circ}$  オフ基板を用いても、良好なステップフロー成長が行われないという問題があった。即ち、この

とき、基板の転位を核とした異常成長による表面の凹凸はある程度抑えられる。しかしながら、この条件の成長時または、この成長の後に通常の成長条件にするため炉内温度の上昇時、または成長後高温でアニールした場合には、単原子層のステップが集まり、数原子層～十数原子層の段差になる、所謂ステップバンチングが生ずる。

【0006】この様子を模式的に図 1 で説明する。図 1 は、 $2^{\circ}$  オフの GaAs 基板 1 上に、C ドープの GaAs 層 2 を AlGaAs 層 3 でサンドイッチした構造を積層し、高倍率の TEM（透過型電子顕微鏡）でみた場合のイメージを示す図である。通常とは異なる成長モードで C ドープの GaAs 層 2 を成長し、その後に通常の成長モードで AlGaAs 層 3 を成長すると、C ドープの GaAs 層 2 上に、図に示すように (100) 面が強調された凹凸が見られる。この表面の凹凸は結晶上の欠陥ではないが、界面の急峻性を失わせる。その結果、例えば、この C ドープ GaAs 層をベースに有するヘテロ接合バイポーラトランジスタでは、トランジスタ特性の代表的な特性の一つである、ガンメルプロットをした際のベース電流の  $n$  値が大きくなるという問題が生じた。またさらに、この形状に起因して電流ゲインが低下したり、信頼性が低下する恐れがある。

【0007】なお、このステップバンチングの現象は、ジャスト基板を用いれば起きないことは確かめられている。しかし前述したようにジャスト基板または、<100> から  $0.1^{\circ}$  度オフ以内の基板を用いると、表面にヒロックやピットと呼ばれる表面欠陥が多く現れ、表面状態が悪化するという問題がある。そこで、本発明では 3-5 族化合物半導体基板上に、平坦でかつ鏡面状態の表面を有する C ドープの化合物半導体層を含むエピタキシャル層を形成する有機金属気相成長法を提供することを目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために鋭意検討の結果、基板のオフ角度を変えることにより、ステップバンチングが解消することを見出し、本発明に到達した。即ち、本発明は、3-5 族化合物半導体基板上に、炭素ドープの 3-5 族化合物半導体エピタキシャル結晶層を少なくとも一層成長させる有機金属気相成長法において、前記基板表面の面方位を<100> 方向から、<110> 方向に  $0.1^{\circ}$  よりも大きく、且つ、 $1.0^{\circ}$  よりも小さい角度で傾斜させることを特徴とする。。

## 【0009】

【作用】本発明は新しい実験的知見に基づくものである。即ち、3-5 族化合物半導体基板のオフ角度の大きさを変えて、3-5 族化合物半導体エピタキシャル結晶層を成長させ、界面形状および表面状態を詳細に調べた。その結果、オフ角度  $< 1^{\circ}$  とすると、通常とは異なる成長モードにおいてもステップバンチングは生じなかった。また、オフ角度  $> 0.1^{\circ}$  とすると、鏡面成長が得られた。このことから、C ドープの 3-5 族化合物半導

体エピタキシャル結晶層を成長させる場合、基板のオフ角度を、 $0.1^\circ$  よりも大きく、且つ、 $1.0^\circ$  よりも小さい角度で傾斜させると、良好な表面状態のエピタキシャル層を成長させることができる。

【0010】この現象は定性的には以下のように理解できる。即ち、オフ角度が $1^\circ$  以上になると、ステップの間隔が比較的小さくなり、基板上で原料がマイグレーションできる平均自由行程が、ステップの間隔よりも大きいため、ステップバンチングが生ずる。また、表面の状態に関しては、 $0.1^\circ$  以下のオフ角度ではステップフロ

ー成長が起こらず、異常成長が生ずる。

【0011】

表1

	サブコレクタ層	コレクタ層	ベース層	エミッタ層	キャップ層
成長温度	620 $^\circ\text{C}$	620 $^\circ\text{C}$	500 $^\circ\text{C}$	620 $^\circ\text{C}$	620 $^\circ\text{C}$
原料の供給量比	20	20	1	50	20

【0013】このようにして積層したCドープGaAsベース層の上面（すなわちエミッタベース界面）は、TEMで観察すると平坦であり、またエピタキシャル基板の表面は良好な鏡面状態であった。このエピタキシャル基板を用いてトランジスタ素子を作製し、電気特性を調べた。なお、比較例として、上記実施例と同様に表1の条件で、ジャスト基板および $2^\circ$  オフの基板上に有機金属気相成長を行って同様のエピタキシャル基板を作製し、これらのエピタキシャル基板を用いてトランジスタ素子を作製し、電気特性を調べた。

【0014】上記実施例および比較例について、エピタキシャル基板の表面状態、エミッタベース（E/B）界面状態、および素子の電気特性を表2に示す。電流ゲイン

表2

	比較例		実施例
使用基板	$\langle 100 \rangle$ ジャスト	$\langle 100 \rangle 2^\circ$ オフ	$\langle 100 \rangle 0.4^\circ$ オフ
表面状態	くもり	良好な鏡面	良好な鏡面
E/B 界面状態	平滑	凹凸あり	平滑
電流ゲイン	40	50	50
n (IB)	1.3	1.8	1.2

【0016】なお、上記実施例では、GaAs基板上に成長したCドープGaAsベース層の場合であったが、GaAs層である必要は必ずしもなく、たとえば、GaAs基板上に成長したCドープのAlGaAs層やInGaAs層、また、InP基板上のCドープInGaAs層に関しても同様な結果が得られた。

【0017】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、3-5族化合物半導体基板上に、炭素ドープの3-5族化

【実施例】以下、実施例に基づいて本発明を詳細に説明する。GaAs $\langle 100 \rangle 0.4^\circ$  オフの基板上に、GaAs:Si（ドーブ濃度 $n=5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $t=500 \text{ nm}$ ）からなるサブコレクタ層、GaAs:Si（ $n=2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、 $t=500 \text{ nm}$ ）からなるコレクタ層、GaAs:C（ $n=4 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、 $t=70 \text{ nm}$ ）からなるベース層、AlGaAs:Si（ $n=5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、 $t=200 \text{ nm}$ ）からなるエミッタ層、GaAs:Si（ $n=5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、 $t=100 \text{ nm}$ ）からなるキャップ層を順次、有機金属気相成長法で作成し、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャル基板を作製した。このときの成長温度と5族原料と3族原料の供給量比（5族/3族）を表1に示す。

【0012】

は大きい程、特性が良いことを示す。また、ヘテロ接合バイポーラトランジスタを動作させた場合に電圧・電流特性から得られるベース電流（IB）の理想化係数、いわゆるガンメルプロットのn（IB）を示した。この値は1～2の範囲の値を取ることができ、1に近いほど理想に近い状態であることを示す。表2からわかるように、本実施例と比較例を比較すると、本実施例のエピタキシャル基板は表面状態とE/B界面状態ともに良好である。また、本実施例のエピタキシャル基板から製作したトランジスタ素子は、電流ゲインとn（IB）を合わせると、比較例よりも優れた特性を示している。

【0015】

合物半導体エピタキシャル結晶層を少なくとも一層成長させる有機金属気相成長法において、前記基板表面の面方位を $\langle 100 \rangle$  方向から、 $\langle 110 \rangle$  方向に $0.1^\circ$  よりも大きく、且つ、 $1.0^\circ$  よりも小さい角度で傾斜させるため、成長後の界面が平坦であり、かつ良好な鏡面状態の表面が得られるという優れた効果がある。従って、このようにして成長したエピタキシャルウェハを用いることにより、電気特性の優れたデバイスを製作することができ

る。

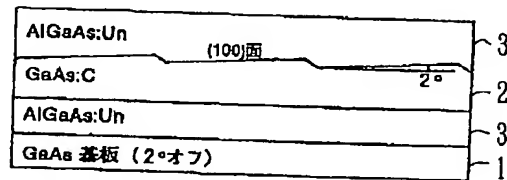
【図面の簡単な説明】

【図 1】従来の有機金属気相成長法の問題点を説明するエピタキシャル積層基板の断面図である。

【符号の説明】

- |   |             |
|---|-------------|
| 1 | GaAs基板      |
| 2 | C ドープのGaAs層 |
| 3 | AlGaAs層     |

【図 1】



フロントページの続き

(72)発明者 児島 誠司

東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古  
河電気工業株式会社内